

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH QUY LUẬT PHÂN BỐ CÁC TẬP HỢP HẠT

NGUYỄN TRUNG DŨNG, NGUYỄN ĐĂNG BÌNH THÀNH, HÀ THỊ AN

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các quá trình công nghệ chế biến các vật liệu rời thường yêu cầu nguyên liệu hoặc sản phẩm phải có kích thước hạt thích hợp. Các thông tin chính xác về cấu trúc và phân bố kích thước hạt của một tập hợp hạt (THH) sẽ giúp cho việc tính toán, thiết kế, điều khiển quá trình vận hành các thiết bị và dây chuyền công nghệ làm việc với các vật liệu rời một cách hiệu quả hơn. Trong quá trình phân riêng hỗn hợp các hệ khí hay lỏng không đồng nhất thì phân bố kích thước hạt, đường kính trung bình của hạt, độ xốp là các thông số quan trọng để tính toán. Đối với quá trình trao đổi nhiệt, chuyển khối trong các lớp hạt như quá trình sấy, quá trình hoà tách,... thì bề mặt riêng của tập hợp hạt lại là thông số chính.

Đã từ lâu người ta đã xác định các quy luật phân bố THH và mô tả kết quả trên các đồ thị khác nhau. Việc làm đó cần nhiều thời gian và thật ra không được chính xác. Hơn thế nữa, ở nước ta phương tiện mô tả kết quả bằng đồ thị nói trên cũng không có sẵn. Vì vậy, việc đưa ra phương pháp xác định các mô tả toán học tường minh mô tả một THH bất kì là rất cần thiết trong tính toán các quá trình công nghệ khác nhau.

II. LÝ THUYẾT

Cơ sở của việc xác định quy luật phân bố THH là kết quả của các phép thực nghiệm phương pháp phân tích THH khác nhau như: Phân tích bằng rây, phân tích bằng sa lắng, phân tích nhiễu xạ laser,...

Trong phương pháp phân tích bằng rây, gọi:

- Kích thước lỗ rây: d_p ;
- Khối lượng còn lại trên rây thứ i : ΔM_i ;
- Khối lượng còn lại tương đối trên rây thứ i sẽ là: $\frac{\Delta M_i}{M}$; ta có các định nghĩa sau đây:
- + Mật độ phân bố của lớp hạt thứ i :

$$y_{Hi} = \frac{\Delta M_i}{M \cdot \Delta d_{pi}}; \quad (1)$$

- + Mật độ phân bố của mỗi hạt bất kì:

$$y_H = \frac{dM}{M \cdot d(d_p)}; \quad (2)$$

- + Tổng phân bố của rây thứ n :

$$\frac{M_R}{M} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta M_i}{M} \right) = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta M_i)}{M}; \quad (3)$$

Nếu hệ thống rây là nhiều vô hạn thì có thể chuyển tổng (3) thành tích phân:

$$\frac{M_R}{M} = \int_{d_p}^{d_p \max} \frac{dM}{M} = - \int_{d_p \max}^{d_p} \frac{dM}{M}; \quad (4)$$

+ Từ đó ta có mối quan hệ sau đây để xác định mật độ phân bố:

$$y_H = - \frac{d\left(\frac{M_R}{M}\right)}{d(d_p)}; \quad (5)$$

+ Bề mặt riêng của lớp hạt:

$$\frac{A_k}{M} = \frac{6}{\rho} \int_{d_p \min}^{d_p \max} \frac{y_H}{d_p} d(d_p); \quad (6)$$

+ Đường kính hình cầu tương đương:

$$d_{32} = \frac{6}{\rho \frac{A_k}{M}}; \quad (7)$$

Trên thực tế, không thể có một quy luật phân bố nào phù hợp cho tất cả các hệ vật liệu phân tán (các THH). Các hệ vật liệu đó thường bao gồm các hạt được hình thành từ nhiều nguồn gốc khác nhau: Hạt ngũ cốc được phát triển một cách tự nhiên; hạt được sinh ra từ các quá trình đập nghiền, các quá trình kết tinh hoặc thăng hoa, từ các quá trình phát sinh bụi, ... đều có những đặc trưng riêng. Theo [1 - 6] phân bố kích thước của một THH bất kì nào đó đều có thể được biểu diễn đủ chính xác theo 1 trong 4 quy luật phân bố điển hình sau đây:

1. Phân bố chuẩn Gauss

Tổng phân bố:
$$\frac{M_R}{M} = - \int_{d_p \max}^{d_p} y_H d(d_p); \quad (8)$$

Mật độ phân bố:
$$y_H = \frac{\exp\left(-\frac{(d_p - d_{pm})^2}{2\sigma^2}\right)}{\sqrt{2\pi}\sigma}; \quad (9)$$

2. Phân bố chuẩn Logarit

Tổng phân bố:
$$\frac{M_R}{M} = - \int_{d_p \max}^{d_p} y_H d(d_p); \quad (10)$$

Mật độ phân bố:
$$y_H = \frac{\exp\left(-\left(\log \frac{d_p}{d_{pm}}\right)^2 / 2\sigma^2\right)}{5,772 \cdot d_p \cdot \sigma_{lg}}; \quad (11)$$

3. Phân bố hàm số mũ kép RRSB

Tổng phân bố:

$$\frac{M_R}{M} = \exp\left[-\left(\frac{d_p}{d'_p}\right)^n\right]; \quad (12)$$

Mật độ phân bố:
$$y_H = \frac{n}{d'_p} \left(\frac{d_p}{d'_p}\right)^{n-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{d_p}{d'_p}\right)^n\right]; \quad (13)$$

4. Phân bố hàm số mũ GGS

Phân bố tổng:
$$\frac{M_R}{M} = 1 - \left(\frac{d_p}{d_{p\max}}\right)^m; \quad (14)$$

Mật độ phân bố:
$$y_H = \frac{m}{d_{p\max}} \left(\frac{d_p}{d_{p\max}}\right)^{m-1}. \quad (15)$$

Mỗi quy luật phân bố nêu trên đều chứa 2 thông số đặc trưng là “Thông số kích thước hạt” và “Thông số mức độ đồng đều” (bảng 1).

Bảng 1. Các thông số đặc trưng của từng loại phân bố

STT	Thông số Quy luật	“Kích thước hạt”	“Độ rộng của phân bố THH”
1	Phân bố chuẩn	d_{pm} kích thước hạt trung bình	Độ lệch chuẩn σ
2	Phân bố chuẩn	d_{pm} kích thước hạt trung bình	Độ lệch chuẩn σ_{lg}
3	Phân bố RRSB	d'_p - Thông số kích thước hạt	n
4	Phân bố GGS	$d_{p\max}$ - Kích thước hạt lớn nhất	m

5. Các thông số đặc trưng của từng loại phân bố

Vấn đề là bằng cách nào để biết được kích thước hạt của một THH nào đó sẽ tuân theo quy luật phân bố xác suất nào trong số 4 quy luật ở trên? Để giải quyết vấn đề, trước hết phải tiến hành thí nghiệm phân tích THH để có được bộ số liệu xây dựng đường cong phân bố tổng của THH, tức là đường cong biểu diễn quan hệ $\frac{M_R}{M} = f(d_p)$.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

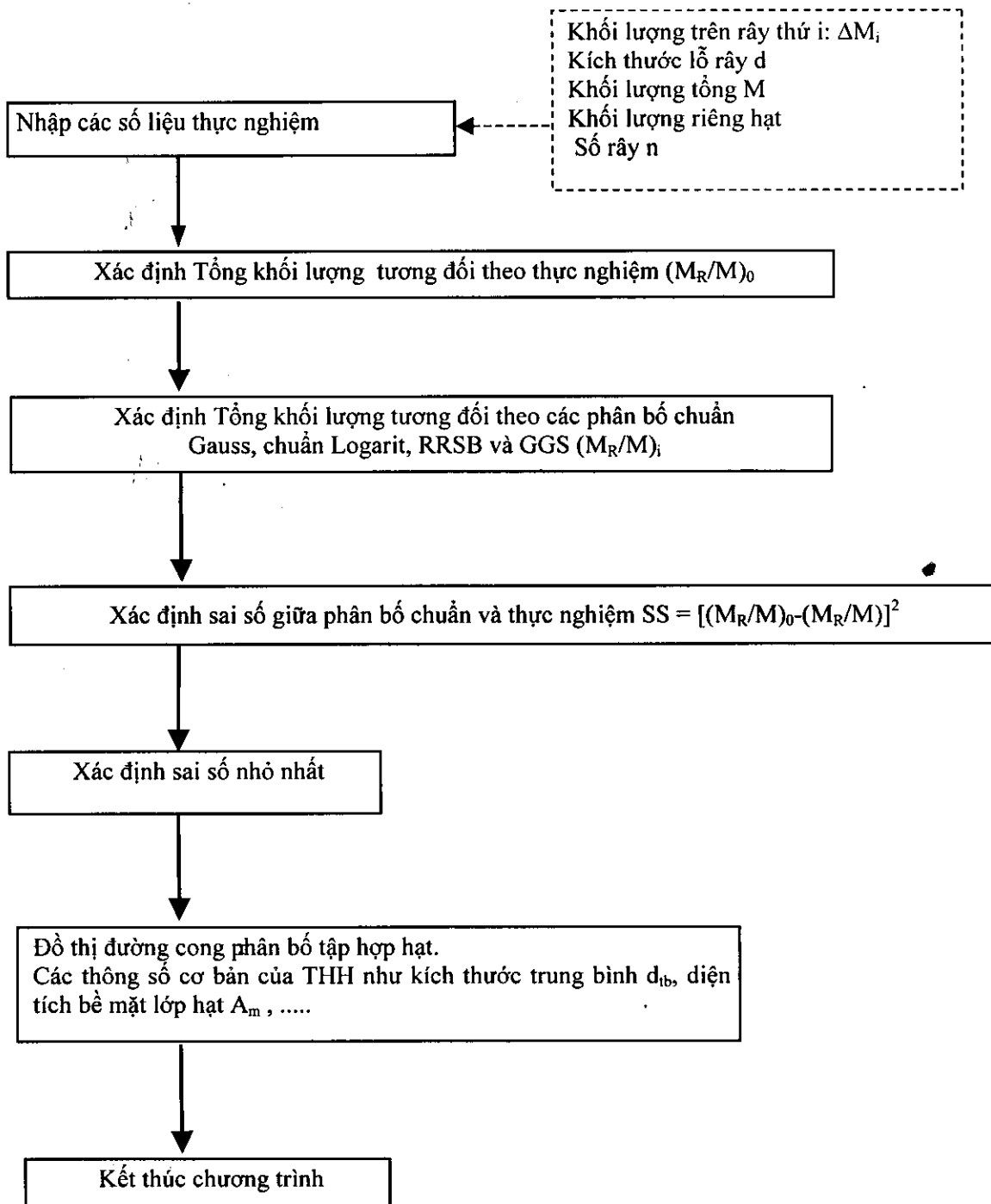
1. Thuật toán xác định cấu trúc THH

Trước đây, để xác định một tập hợp hạt nào đó tuân theo quy luật phân bố nào, người ta phải tiến hành vẽ trên các giấy chuyên dụng, do đó, mất rất nhiều thời gian, công sức nhưng độ chính xác lại không cao. Gần đây, một số tác giả đã đề cập đến thuật toán xác định quy luật phân bố của THH nhưng chưa cụ thể hoá bằng một chương trình để có thể sử dụng rộng rãi. Dựa trên cơ sở các mô tả toán học của 4 quy luật phân bố nêu trên, và khai thác phần mềm MATLAB, ở đây đã xây dựng được chương trình tính toán nhằm xử lý các kết quả thực nghiệm, xác định mô tả toán học về phân bố theo kích thước của một THH bất kì (sơ đồ thuật toán).

2. Ứng dụng kết quả vào bài toán thực

a. Kết quả của bài toán trên cơ sở phép phân tích rây

THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH CẤU TRÚC TẬP HỢP HẠT



Tập hợp hạt Samốt nghiền được tiến hành phân tích bằng hệ thống rây phân tích.

Khối lượng mẫu $M = 0,5$ kg được đưa vào rây trên cùng của máy lắc rây phân tích gồm 8 rây; kích thước lỗ các rây được ghi ở cột 2 (bảng 2). Sau khi rây xong, phần khối lượng còn lại trên các rây tương ứng là $\Delta M_1, \Delta M_2, \dots, \Delta M_8$ và ở đáy rây là ΔM_9 (bảng 2). Để nhận được các giá trị độc lập với khối lượng được giữ lại trên các rây ta chia ΔM_i cho tổng khối lượng M ; Khối lượng còn lại tương đối trên các rây được biểu diễn bằng $\frac{M_R}{M}$. Kết quả phân tích tập hợp hạt được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm phân tích bằng rây

Số rây	Kích thước lỗ rây	Khối lượng trên rây thứ i	Khối lượng tương đối trên rây thứ i	Xác suất tương đối của lớp hạt	Tổng khối lượng tương đối trên rây	Xác suất tương đối của kích thước hạt
i	d_p (mm)	ΔM_i (kg)	$\Delta M_i/M$ (-)	y_H (1/mm)	M_R/M (-)	y_H (1/mm)
1	0,710	0,0139	0,0278	-	0,0278	0,282
2	0,500	0,0711	0,1422	0,677	0,1700	1,210
3	0,355	0,1201	0,2402	1,657	0,4102	2,067
4	0,250	0,1167	0,2334	2,222	0,6436	2,277
5	0,180	0,0763	0,1526	2,180	0,7962	2,024
6	0,125	0,0500	0,1000	1,818	0,8962	1,578
7	0,071	0,0346	0,0692	1,282	0,9654	0,961
8	0,045	0,0103	0,0206	0,792	0,9860	0,620
Tám đáy	0	0,0070	0,0140	0,311	1,0	0
Tổng		0,5000	1,0000			

Trên cơ sở khai thác phần mềm MATLAB và sử dụng sơ đồ thuật toán đã xây dựng ở trên, xử lý các số liệu thực nghiệm đã có, thu được kết quả sau:

1. Tập hợp hạt Samốt nghiền tuân theo quy luật phân bố RRSB với:

- Hàm phân bố tổng (hình 1):
$$\frac{M_R}{M} = \exp \left[- \left(\frac{d_p}{0,376} \right)^{2,0075} \right]$$
- Hàm mật độ phân bố (hình 2):
$$y_H = 5,339 \left(\frac{d_p}{0,376} \right)^{1,0075} \cdot \exp \left[- \left(\frac{d_p}{0,376} \right)^{2,0075} \right]$$

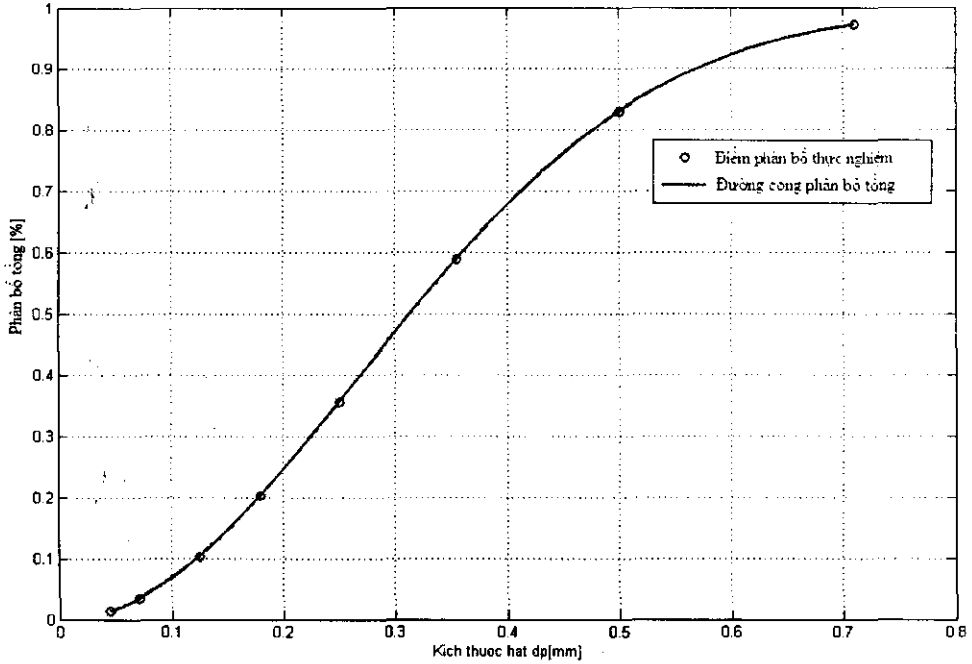
2. Các giá trị đặc trưng của tập hợp hạt là:

- Độ rộng của phân bố: $n = 2,0075$.
- Thông số kích thước hạt: $d'_p = 0,376$ (mm).

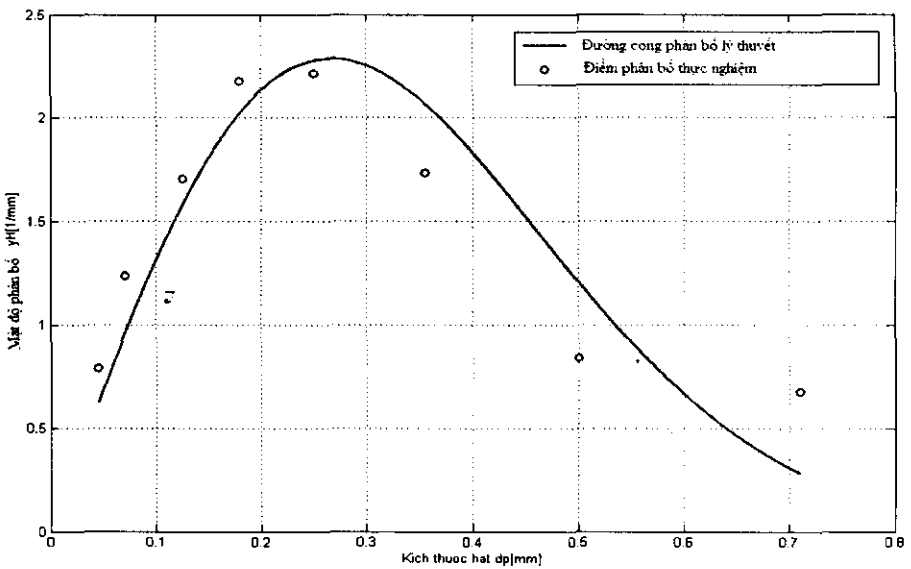
- Diện tích bề mặt riêng của tập hợp hạt:

$$A_m = 13,1095 \left(\frac{m^2}{kg} \right)$$

- Đường kính hình cầu tương đương: $d_{32} = 0,2288(mm)$.



Hình 1. Đường cong phân bố tổng tập hợp hạt Samốt nghiền



Hình 2. Đường cong mật độ phân bố tập hợp hạt Samốt nghiền

b. Kết quả bài toán trên cơ sở phép phân tích nhiễu xạ Laser

Trong quá trình phân riêng huyền phù cao lạnh bằng Cyclon thủy lực, người ta cần biết quy luật phân bố kích thước hạt của mẫu THH của dòng đi vào và dòng đi ra khỏi Cyclon để xác định khả năng phân riêng của thiết bị. Đồng thời, xác định các thông số đặc trưng của THH để tính toán các quá trình công nghệ tiếp theo trong kỹ thuật sản xuất gốm. Số liệu về kích thước THH cao lạnh đi vào Cyclon thủy lực nhận được bằng phương pháp nhiễu xạ laser được ghi ở bảng 3.

Bảng 3. Kết quả phân tích bằng nhiễu xạ Laser mẫu huyền phù cao lạnh vào Cyclon

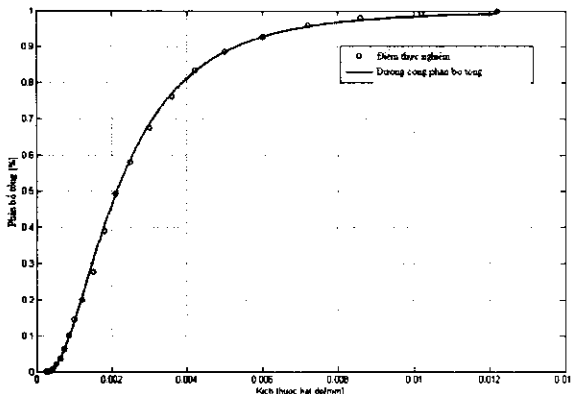
Đường kính d (μm)	Tổng còn lại tương đối M_R/M	Đường kính d (μm)	Tổng còn lại tương đối M_R/M	Đường kính d (μm)	Tổng còn lại tương đối M_R/M
12,2	0	3	14,45	0,74	83,51
10,2	0,1	2,5	19,88	0,62	88,51
8,6	0,31	2,1	27,74	0,52	92,83
7,2	0,85	1,8	39,05	0,44	96,02
6	2,02	1,5	49,19	0,36	98,06
5	3,65	1,2	57,93	0,3	99,25
4,2	6,26	1	67,36	0,26	99,8
3,6	10,09	0,86	76,16	0,22	100

Nhập các số liệu thực nghiệm vào chương trình, ta có các kết luận như sau:

Tập hợp hạt cao lạnh trong huyền phù đi vào Cyclon thủy lực tuân theo quy luật phân bố RRSB.

- Hàm phân bố tổng (hình 3):

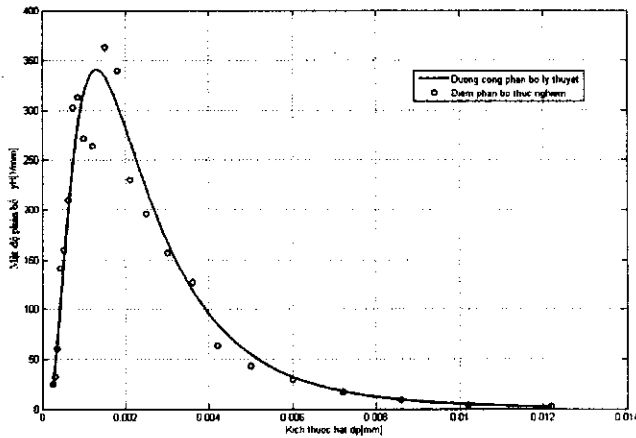
$$\frac{M_R}{M} = \exp \left[- \left(\frac{d_p}{0,0034} \right)^{2,1033} \right]$$



Hình 3. Đường cong phân bố tổng của THH cao lạnh vào Cyclon

- Hàm mật độ phân bố (hình 4):

$$y_H = 618,61 \left(\frac{d_p}{0,0034} \right)^{1,1033} \cdot \exp \left[- \left(\frac{d_p}{0,0034} \right)^{2,1033} \right]$$



Hình 4. Đường cong mật độ phân bố của THH cao lạnh vào Cyclon

1. Các thông số đặc trưng của THH là:

- Mức độ đồng đều: $n = 2,1033$
- Thông số kích thước hạt: $d_p' = 0,0034(mm)$
- Diện tích bề mặt riêng của tập hợp hạt: $A_m = 1,3293 \cdot 10^3 \left(\frac{m^2}{kg} \right)$
- Đường kính tương đương: $d_{32} = 0,0017(mm)$.

IV. KẾT LUẬN

Đã tổng quan lý thuyết về cấu trúc THH, các quy luật phân bố đặc biệt của THH và các thông số đặc trưng của từng loại hình phân bố.

Đã khai thác phần mềm MATLAB để xây dựng được chương trình xác định quy luật phân bố của THH hệ đa phân tán bất kì dưới dạng các mô tả toán học tường minh, từ đó xác định được các thông số đặc trưng của chúng.

Đã ứng dụng chương trình để xác định quy luật phân bố của tập hợp hạt Samốt nghiền và tập hợp hạt cao lạnh vào thiết bị cyclon thủy lực. Kết quả cho thấy: Cả 2 tập hợp hạt tuân theo quy luật phân bố RRSB, và cũng đã xác định được các đặc trưng của các tập hợp hạt đó.

Kết quả thu được đã chứng minh: Phương pháp có thể áp dụng rộng rãi để xác định quy luật phân bố và các thông số đặc trưng của một THH bất kì trong các quá trình có công nghệ liên quan đến THH.

Lời cảm ơn. Công trình do Chương trình Khoa học cơ bản Nhà nước tài trợ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Minh Tuyên - Cấu tạo tập hợp hạt trong kỹ thuật & trong tự nhiên, Tạp chí Hoá học 19 (4) (1981).
2. C. H. Murphy - Handbook of particle sampling and analysis methods, Verlag Chemie International Weinheim/ Deerfield Beach, 1984.
3. Coulson & Richardson - Chemical Engineering, Vol. 2, Pergamon publications, 1990.
4. T. Allen - Particle size Measurement, Chapman and Hall, London, New York, 1990.
5. H. Schubert; E. Heidenreich, et al. - Mechanische Verfahrenstechnik, Deutscher Verlag fuer Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990
6. M. Stuess - Mechanische Verfaelnentechnik 1, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, 1995.
7. William J. Palm - Matlab for engineering applications; WCB/McGraw-Hill 1999.

SUMMARY

A METHOD ON DETERMINING PARTICLE SIZE DISTRIBUTIONS

Particle size distribution (PSD) is an important parameter, when dealing with solid processing as well as other processes in chemical engineering. When the PSD function of a certain particle set is known, other structural parameters of a set of particles can be determined, especially, mean diameter d_{pm} , bed porosity ε , specific surface area A_m , etc. These factors are very necessary to deal with processes as filtration, drying, adsorption, flotation, dissolution, crystallization, etc. By means of analysis of particles sets and using Matlab software, this paper presents a method of determining PSD of a dispersed system. This is a high accurate and time-saved method.

Địa chỉ:

Khoa Hóa, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Nhận bài ngày 6 tháng 5 năm 2006